مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی چهاردهم، بهار و تابستان ۱۳۸۹

تحلیل آماری ــ هم‌دیدی بارش‌های سنگین مناطق خشک ایران

(مطالعه‌ی موردی: استان‌کرمان)

داریوش رحیمی(استادیار اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان، نویسنده مسؤول)

d.rahimi@ltr.ui.ac.ir

جواد خوشحال (دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان)

تیمور علیزاده (کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه اصفهان)

چکیده

ایران کشوری با اقلیم خشک و نیمه خشک، است به گونه‌ای که متوسط بارش سالانه‌ی آن حدود یک سوم متوسط بارش سالانه‌ی جهان است. ویژگی عمده‌ی این مناطق، ریزش‌های جوّی با شدّت های بالاست. این مشخصه‌ها از نظر هیدرو اقلیمی باعث شکل‌گیری رژیم بارشی شده که نوسان‌های زیاد مقدار بارندگی، ریزش رگبارهای شدید با زمان تداوم کوتاه، از مهمترین شناسه‌های آن به حساب می‌آید. در این پژوهش، جهت بررسی هم‌دید بارش‌های سنگین مناطق خشک، داده های بارشی استان کرمان مورد تحلیل قرار گرفته است و از دو پایگاه داده یکی مربوط به مقدار بارش روزانه در ایستگاه‌های هم‌دید و اقلیمی و دیگری داده های جو بالا مربوط به ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار تراز دریا، دمای هوا، نم ویژه، مؤلفه‌ی باد مداری و باد نصف النهاری در عرض جغرافیایی صفر تا هشتاد درجه‌ی شمالی و طول۳۰- تا ۱۰۰ درجه‌ی شرقی استفاده شده است. با استفاده از شاخص آماری گامبل تیپ ۱، ۷٦ رخداد بارش‌های سنگین استان کرمان شناسایی شد. سپس با تحلیل خوشه ای روی داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، الگوهای هم‌دید این بارش‌ها شناسایی شدند. تحلیل این الگوها نشان داد که مهم ترین عامل شکل-گیری بارش‌های سنگین استان کرمان حرکت رو به شرق و تقویت فرود شرق مدیترانه در

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۹/۲۹ تاریخ تصویب:۱۳۸۹/۱۰/۱۲

تروپوسفر میانی است، لذا زمانی که با حرکت رو به پایین سامانه‌ی تاوه قطبی همراه است، بارش های سنگینی در سطح ایستگاه های استان رخ می دهد.

کلید واژه‌ها: گامبل تیپ [1]، تحلیل هم‌دید، ناوه‌ی قطبی، استان کرمان.

درآمد

دوسوم مساحت ایران، دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده به گونه‌ای که متوسط بارش سالانه‌ی آن حدود یک سوم متوسط بارش سالانه‌ی جهان است (علیزاده،۱۳۷٤). بدیهی است که ویژگی بارز مناطق خشک، کمبود نزولات جوّی درآن‌هاست و متوسط بارندگی سالانه هرگز زیاد نیست، اما ویژگی عمده‌ی این مناطق، ریزش بارش با شدّت های بالاست. این مشخصه‌ها از نظر هیدرو اقلیمی باعث شکل‌گیری رژیم بارشی شده که نوسان‌های زیاد مقدار بارندگی، ریزش رگبارهای شدید با زمان تداوم کوتاه از مهمترین شناسه های آن محسوب می‌شود(آرنون۱،۱۹۷۳: ٥٤).

رویداد فرینی[2] مانند بارش، باعث رخداد سیلاب‌های بزرگی می‌شود که بر بسیاری از منابع طبیعی مورد نیاز انسان مانند خاک، آب و فعالیت های اقتصادی همچون سازه‌های آبی،کشاورزی، گردشگری، صنعت و حمل و نقل، خسارات زیادی وارد می‌نماید. لذا بررسی و شناخت سامانه‌های هم‌دیدی که علّت پدیده‌های مذکور است، عوامل دینامیکی و ترمودینامیکی موجد آن و منابع تأمین کننده رطوبت، نه تنها سازوکار پیدایش این گونه بارش‌ها را روشن می‌سازد، بلکه راه را برای پیش‌بینی رخداد آن‌ها در آینده فراهم می‌کند و نقش مهمی درمدیریت این حوادث، طرح‌های آبخیزداری وبهره‌برداری از سیلاب ایفا می‌کند.

حاکمیت شرایط اقلیمی خشک با توجه به مشخصات بارشی ذکر شده در بالا، از پویاترین مسائل اقلیمی و هیدرولوژیکی کشور به حساب می‌آید. این مسائل در برگیرنده پدیده‌هایی مانند سیل، فرسایش شدید آبی و خطر آب‌گرفتگی و شدّت عملیات آبخیزداری هستند و به طور عام، مشکلات اقتصادی و اجتماعی خاصّی را در زمینه‌ی توسعه‌ی این مناطق ایجاد

1. Arnon
2. Extreme

می‌نماید. در همین راستا، استان کرمان به عنوان یکی از مناطق خشک کشور به دلیل موقعیّت اقلیمی،کشاورزی و معدنی خود، که از اهمیت نسبی بالایی برخوردار می باشد، مورد مطالعه قرار گرفته است.

تحقیقاتی که در زمینه‌ی بارش‌های سنگین انجام شده را می‌توان در دو گروه شناسایی شرایط - هم‌دید این پدیده‌ها و شناخت روند آماری آنها جای داد. در ادامه نمونه‌هایی از این کار ها عنوان شده است. او. بی کریستینسن[۱] و جی. اچ کریستینسن[۲] (۲۰۰٤) نقش گرمای جهانی و تغییر اقلیم، در افزایش بارش‌های سنگین تابستانه‌ی اروپا را مطالعه نمودند. نتایج پژوهش آنها نشان داد که اگر چه بارش‌های تابستانی اروپا کاهش پیدا کرده، ولی مقدار بارش های حدی و سنگین افزایش داشته است. جیسون[۳] و همکاران (۲۰۰۵) به برآورد و پیش بینی بارش های سنگین با استفاده از یک روش ترکیبی در آمریکا پرداختند و دریافتند که پیش بینی های بارش‌های سنگینی صحیح است، که آن بارش‌ها به مراکز پیش بینی نزدیک باشند. فوجیبی و یامازاکی[٤] (۲۰۰٦) به مطالعه و بررسی تغییرات بلند مدت بارش های سنگین در ژاپن پرداختند. تحلیل آنها بر اساس طبقه بندی شدت بارش و فراوانی آن بوده و نشان دادند که، بارش های سنگین در طول این ۱۰٤ سال در ژاپن افزایش داشته اند و روند افزایش این بارش ها ۲/۳٪ در هر دهه بوده است. فرناندو و ایراسما[۵] (۲۰۱۰) ارتباط بین بارش‌های جنوب شرق برزیل را با سامانه‌های حلقوی نیم کره جنوبی مطالعه نمودند. آنها دریافتندکه ناهنجاری‌های بارش همراه با رخداد منطقه هم‌گرایی اقیانوس اطلس جنوبی بوده و الگوهای جوّی اقیانوس آرام جنوبی به وسیله‌ی مراکز چرخندی جنوب شرق اقیانوس آرام تشدید می‌شوند. پاتنایک[٦] (۲۰۱۰) تغییر پذیری فضای زمانی بارش‌های بیشینه را بر روی هندوستان در یک دوره بلند مدت پنجاه ساله تحلیل نمود و دریافت که میانگین فراوانی وقوع بارش‌های بیشینه همراه با سهم بارش‌های

---

۱. O.B. Christensen
۲. J.H. Christensen
۳. Jason. E
4. Fumiaki Fugibe
5. Fernanda Cerqueira Vasconcellos and Iracema F. A. Cavalcanti
6. D. R. Pattanaik

بیشینه‌ی فصلی در طول دوره‌ی مطالعاتی یک روند افزایشی ۹۸٪ را داشته اند. همچنین در زمینه‌ی تحلیل هم‌دید بارش‌های سنگین مطالعات زیادی صورت گرفته مانند، هلستروم[1] (۲۰۰۵) شرایط جو را هنگام وقوع بارش های سنگین و غیر سنگین در طول ماه‌های (ژوئن و آگوست) در سوئد را بررسی نمود. سونگ یو هونگ[2] (۲۰۰٤) به آشکار سازی و تفاوت ساز و کار بارش های سنگین در کره جنوبی و آمریکایی مرکزی پرداخت. سیبرت[3] (۲۰۰۷) با استفاده از یک الگو، مشخصات هم‌دیدی الگوهایی که باعث ایجاد بارش‌های سنگین روی کشور اتریش می‌شود، را مطالعه نمود. ای لانا[4] (۲۰۰۷) الگوهای جوّی بارش‌های سنگین جزیره بالیاریک، را بررسی کرد. در کشور ایران نیز بارش‌های سنگین توسط پژوهشگرانی مانند لشکری(۱۳۷۵) الگوهای هم‌دید بارش‌های شدید جنوب‌غرب ایران را بررسی نمود. خوشحال دستجردی(۱۳۷٦)، به بررسی و تحلیل و ارائه الگوهای هم‌دید و اقلیم شناسی برای بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته است. سلیقه (۱۳۸٤) در مطالعه‌ای ساز و کارهای بارش را در جنوب شرق کشور بررسی نمود. منتظری (۱۳۸۸) با انجام مطالعه ای فرایند بارش‌های فرین روزانه را در ایران تحلیل نمود. همان‌گونه که در بخش "درآمد" آمد حدود دو سوم مساحت کشورمان را مناطقی با اقلیم خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهند، که با توجه به مشخصات بارشی این گونه اقلیم ها رخداد سیلاب، فرسایش شدید خاک و هدر رفت منابع طبیعی ناشی از بارش‌های سنگین، مهمترین مشخصه‌ی آن محسوب می‌شود. بنابراین شناخت شرایط رخداد بارش‌های سنگین از بنیادی‌ترین اقدامات در جهت مدیریت منابع طبیعی است. در این تحقیق استان کرمان به عنوان یکی از محدوده‌های خشک و نیمه خشک اقلیم ایران انتخاب شده است و سعی شده است با استفاده از اصول اقلیم شناسی هم-دید و روش محیطی به گردشی، به تحلیل عوامل دینامیکی بارش‌های سنگین پرداخته شود.

1. CECILIA HELLSTROM
2. Song-You Hong
3. P. Seibert
4. A Lana

منطقه‌ی مطالعاتی

استان کرمان بین ۵۸´ °۳۱ تا ۲۷´ °۳٤ عرض شمالی و ۲۱´ °٥٤ تا ۳٤´ °٥۹ طول شرقی با مساحتی حدود ۱۸۱.۷۱٤ کیلومترمربع،۱۱ درصد مساحت کشور در مرکز و جنوب شرقی ایران قرار گرفته است. در شکل ۱ توزیع فضایی ۱۳ ایستگاه منتخب هم‌دید و اقلیم شناسی نشان داده شده است.

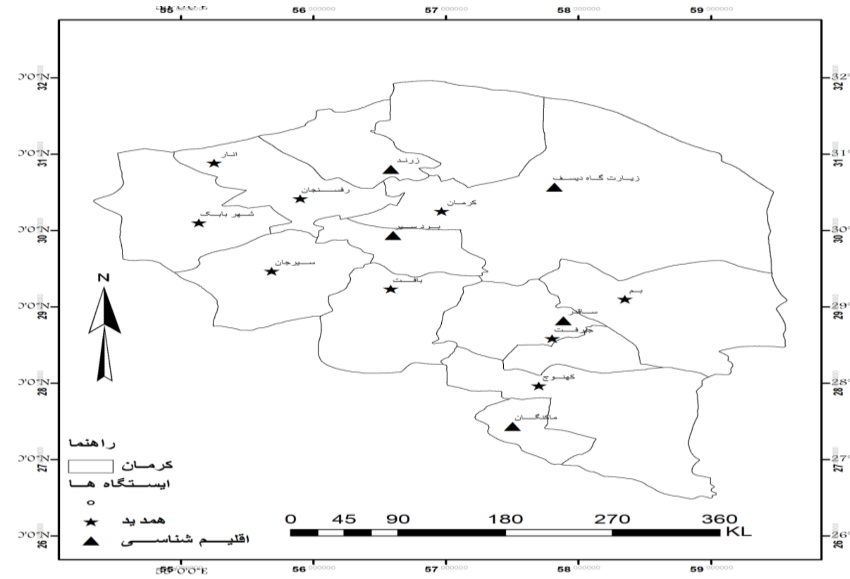
داده ها و روش شناسی

داده های محیط سطحی مورد نیاز این پژوهش به دلیل دقّت در ثبت داده های سازمان هواشناسی از نه ایستگاه هم‌دید و پنج ایستگاه اقلیم شناسی استان کرمان،گردآوری گردید. داده‌های موجود از تاریخ بدو تأسیس ایستگاه ها تا تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۳۰ تهیه شدند، همچنین در ابتدا با نگرش زمین آماری داده‌های مورد نظر تجزیه و تحلیل شدند که به دلیل فاصله‌ی زیاد ایستگاه ها بخصوص در نواحی شرقی و حاشیه ای نتیجه‌ی چندان مقبولی حاصل نشد و در نهایت تحلیل نقطه‌ای ایستگاه ها مورد استفاده قرار گرفت. با تعریف یک شاخص آماری بارش‌های سنگین تعریف شدند، شاخص آماری به کار رفته در این پژوهش توزیع گامبل تیپ ۱ است و برای داده هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که چولگی آنها مثبت است. و از رابطه‌ی ۱ محاسبه می شود.

$$G = \mu + k * \sigma$$ رابطه‌ی ۱

در این رابطه μ : برابر است با میانگین داده ها (میانگین روز های بارشی)، σ : انحراف معیار داده ها و k : ضریب فراوانی داده ها می باشد. در این پژوهش ضریب فراوانی داده ها برای دوره بازگشت صد سال نظر گرفته شده و ضریب فراوانی k برای این دوره بازگشت و تعداد داده های هر ایستگاه (بیشتر از صد داده) عدد ٤ می باشد. (علیزاده ۱۳۸۵: ٦٥٤)

شکل۱). توزیع فضایی ایستگاه های مورد مطالعه



بنابراین رابطهی ۱ برای تکتک ایستگاهها باضریب فراوانی ٤ محاسبه شده و برای هر ایستگاه مقداری بیشتر از این رابطه به عنوان بارش سنگین تعریف شده است. در واقع با کاربرد این روش این امکان برای هر ایستگاه فراهم شد که بارش سنگین آن نسبت به میانگین بارشی خود ایستگاه تعریف شود. بنابراین شرط فراگیر بودن بارش برای روزهای بارش سنگین، برای تمام ایستگاه ها فراهم شد. بعد تعریف بارشهای سنگین هر ایستگاه و شناسایی روزهای فراگیر ۷٦ روز همراه با بارش سنگین شناسایی شد. جهت تحلیل همدید پدیدهها از داده های باز سازی شده NCEP/NCA در متغیّر های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، باد در تراز های ۱۰۰۰ تا ۲۵۰ هکتو پاسکال گردآوری شد. علیجانی (۲۰۰۱) ارتباط بین تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را بر تغییر پذیری اقلیم ایران مهم دانست و آن را برای پیش بینی آینده آب و هوای ایران ضروری قلمداد نمود. در این پژوهش هم جهت مطالعهی الگوهای موجد بارشهای سنگین استان کرمان، الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با فاصلهی اقلیدسی و روش ادغام وارد طی چهار مرحله خوشه بندی شده اند. بهطوریکه در مرحلهی اول تاریخ روزهای بارشهای سنگین استان شناسایی

شده‌اند و در مرحله‌ی دوم الگوهای روزانه ساعت ۱۲ گرینویچ تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال این تاریخ ها خوشه بندی شدند. در مرحله‌ی سوم هم‌بستگی درون گروهی خوشه ها محاسبه شد. در مرحله‌ی چهارم روزهایی که در هر خوشه بیشترین هم‌بستگی درون گروهی را با بقیه‌ی روزهای آن خوشه داشتند، به عنوان روز نماینده انتخاب شدند و الگوهای موجد بارش‌های سنگین استان کرمان را تشکیل دادند. در نهایت جهت بررسی شناخت منبع رطوبتی بارش های سنگین از رابطه‌ی ۲ استفاده گردید. رابطه ۲ معادله شار رطوبتی (بناکوس و شولز۱۹۹۸[1])

$$MFC = \underbrace{-u\frac{\partial q}{\partial x} - v\frac{\partial q}{\partial y}} - \underbrace{q\left(\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y}\right)}$$

در روابط بالا mfc بر حسب $۱۰^{-۴}\ g.\ kg^{-۱}.\ s^{-۱}$ و (u,v,q) به ترتیب عبارت‌اند از رطوبت ویژه جو، باد مداری و باد نصف النهاری هستند. جمله‌ی اول این رابطه شامل وزش است که بیانگر وزش افقی رطوبت ویژه است و همچنین جمله دوم شامل، هم‌گرایی به معنی اثر رطوبت ویژه و هم‌گرایی افقی توده هواست.(بناکوس و شولز ۲۰۰۴).

یافته‌های تحقیق

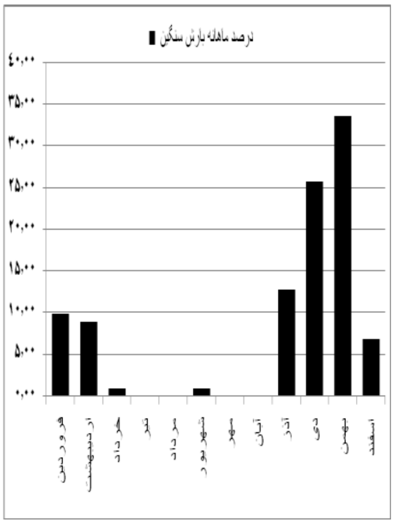
همان گونه که اشاره شد بارش‌های سنگین استان کرمان براساس رابطه‌ی ۱ برای هر ایستگاه شناسایی شد و مبنای کار این پژوهش قرار گرفت. ویژگی‌های بارش سنگین هر ایستگاه در جدول ۱ نشان داده شده است، بنابراین ایستگاهی مانند زرند که بیشینه‌ی بارش روزانه‌ی آن در طول دوره‌ی مطالعاتی فقط ۲۸ میلی‌متر بوده، بارش سنگین آن با توجه به روند بارشی خود ایستگاه بیشتر ۲۵ میلی‌متر تعریف گردید. همان طور که در جدول ۱ دیده می شود، به طور متوسط بارش‌های بیش از ۳۸ میلی‌متر در استان کرمان، بارش سنگین محسوب می شوند. و شهربابک با تعداد ۱۱ رخداد بیشترین روز همراه با بارش سنگین را به خود اختصاص داده است.ایستگاه های بردسیر و زرند هرکدام با تعداد ۳ رخداد، کم ترین تعداد روز همراه با بارش سنگین را دارند. میزان شاخص بارش سنگین در بین ایستگاه های استان کرمان با هم

1. Petre c. Banacos, David m Schultz

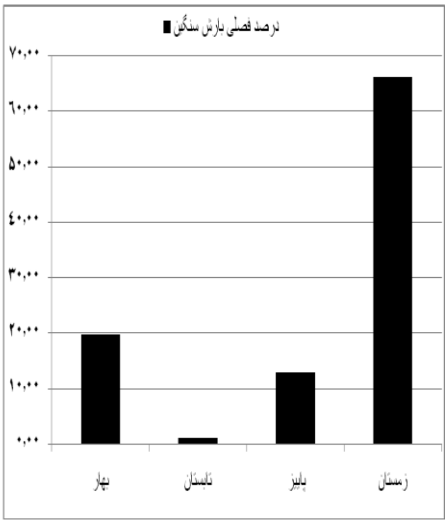
متفاوت است و نوسان آن می تواند شدت بارش‌های رخ داده، در سطح ایستگاه‌ها را در طول دوره‌ی مطالعاتی نشان دهد. شاخص بارش سنگین ایستگاه‌های (ماکنگان، جیرفت و کهنوج) از سایر ایستگاه ها بیشتر است. این موضوع بیان کننده شدّت بالای بارش‌های روزانه‌ی، رخ داده در این ایستگاه‌هاست. در واقع می‌توان گفت که، در ایستگاه های مذکور در صورت فراهم بودن عامل صعود به دلیل دسترسی به رطوبت خلیج فارس و دریای عمان، بیشتر از سایر نقاط استان کرمان، مستعد دریافت بارش سنگین هستند. روند ماهانه و فصلی بارش‌های مذکور در استان کرمان در اشکال ۲ و ۳ به تصویر کشیده شده اند.

جدول ۱. شاخص‌های بارش سنگین و تعداد رخداد آنها درایستگاه های استان کرمان

ایستگاه	شاخص بارش سنگین	تعداد روزهای بارش سنگین	تعداد سال اماری
انار	۲۱	۱۰	۲۵
بافت	۴۰	۹	۲۱
بم	۲۵	۷	۴۹
بردسیر	۳۷	۳	۳۲
رفسنجان	۲۰	۵	۱۸
زرند	۲۵	۳	۱۵
زیارت گاه	۴۰	۴	۲۳
ساقدر	۵۵	۱۰	۳۱
سیرجان	۳۳	۷	۲۵
شهربابک	۳۱	۱۱	۲۳
کرمان	۳۰	۱۰	۴۹
کهنوج	۶۴	۸	۲۰
میانده	۴۹	۷	۲۰
ماکنگان	۶۵	۷	۲۲
استان کرمان	۳۸/۲۱	۱۰۱	۲۶/۶۴



شکل۲). توزیع ماهانه بارش سنگین استان کرمان



شکل۳). توزیع فصلی بارش سنگین استان کرمان

توزیع ماهانه بارش‌های سنگین استان کرمان در رده‌ی اول وابسته به توزیع فصلی این بارش ها و دوم بستگی به فراوانی و ورود عوامل صعود به استان کرمان دارد. بـه گونـه‌ای رژیـم بـارش زمستانی استان کرمان (علیجانی، ۱۳۸۵) باعث شده است که بیش از شصت درصد این بارش‌هـا درفصل زمستان رخ دهند. در فصل زمستان نیز این بارش‌ها به‌طور یکسان توزیع نشده اند، بـه گونه‌ای در تصاویر ۲ و ۳ دیده می شود ۳۳٪ این بارش ها در بهمن ماه رخ می دهنـد و سـهم دی و اسفند هر کدام به ترتیب ۲۶ و ۷ درصد از کل بارش های سـنگین اسـتان کرمـان اسـت. روند ماهانه‌ی بارش‌های سنگین استان کرمان از یک الگوی بـی قاعـده پیـروی مـی کنـد، بـه طوری‌که فراوانی این بارش‌ها در فصل آذر شروع به افزایش می‌کنند. در اسفند ماه بـه سـرعت نزول می‌کند .در فصل بهار براساس رژیم بارشی ایـران سـیر نزولـی خـود را طـی مـی کننـد. بنابراین اسفندماه را می‌توان یک ماه بی قاعده از نظر دریافت بـارش سـنگین در اسـتان کرمـان نامید.

تحلیل هم‌دید

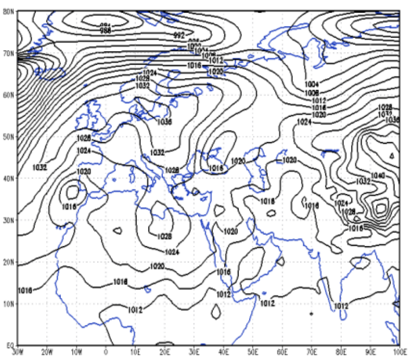
برای تحلیل سینوپتیکی بارش‌های استان کرمان تعداد ۱۰۱ رخداد همراه با بارش سنگین استان کرمان شناسایی شد. پس از جدا کردن روزهای فراگیر ٧٦ روز جهت تحلیل هم‌دید این پدیده ها انتخاب شدند. در این راستا الگوهای جوّی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۱۲ زولو با دو نگرش درون سو و برون سو طبقه‌بندی شدند. در این پژوهش عمدتاً از رویکردهای هم‌دیدی مطالعاتی نظیر؛ (وبیبگ[1] ۱۹۹۹) شناخت الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال اروپا، رومرو[2] (۱۹۹۸) الگوهای جوی تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال در ارتباط با بارش‌های سنگین مدیترانه ، ژوپلاکی[3] (۲۰۰۰) و ویبیگ (۱۹۹۹) مهم ترین الگوهای موجد بارش الگوهای تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در اروپا، استفاده شده است. نتایج طبقه بندی الگوهای جوّی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲. ویژگی‌های روز نماینده ارتفاع ژئوپتانسیل ساعت ۱۲ زولو، روز های همراه با بارش سنگین

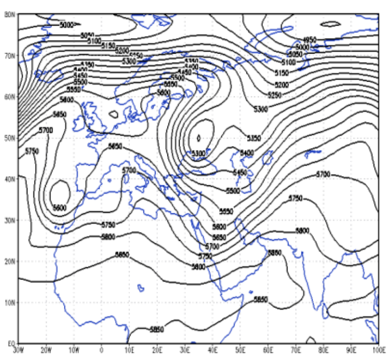
خوشه	تعداد رخداد خوشه	روز نماینده	هم‌بستگی درون‌گروهی روز نماینده	درصد رخداد
خوشه۱	۳۳	۱۳۷۱/۱۰/۱	۰/۹٤	٤۳/۱
خوشه۲	٢٦	۱۳۸۳/۹/۲۷	۰/۹۳	۳٤/۲
خوشه۳	۱۷	۱۳۷۱/۱۱/١٦	۰/۹۵	۲۲/۳

1. Joanna Wibig
2. R. Romero
3. E. Xoplaki

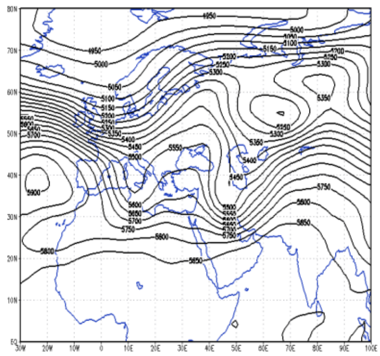
همان گونه که در جدول ۲ دیده می شود، الگوهای جوی تـراز ۵۰۰ هکتوپاسـکال در ۷٦ روز همراه با بارش سنگین استان کرمان با تحلیل خوشه‌ای و با تأکید بر نگرش درون سـو و بـرون سو، به سه خوشه تقسیم شدند و در نهایت سامانه‌های هم‌دیـد روزهـای نماینـده بـه صـورت الگوهای شش ساعت به شش ساعت در دو روز قبل از رویداد ترسیم شدند و به دلیـل حجـم زیاد نقشه ها فقط الگوهای ساعت ۱۲ زولو ایـن سـامانه هـا در روز بارشـی در ایـن پـژوهش عنوان گردیدند. در ادامه بـه تحلیـل سـامانه‌هـای منتخـب در تـراز دریـا و ۵۰۰ هکتوپاسـکال پرداخته شده است.



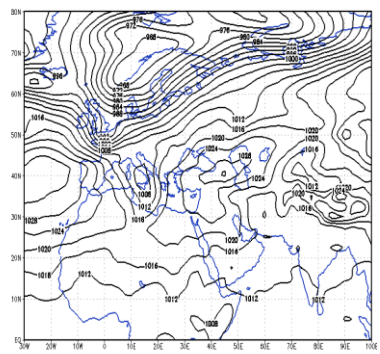
شکل۴) الگوی پربندی تراز ۵۰۰ خوشه ۱ در ساعت ۱۲ زولو



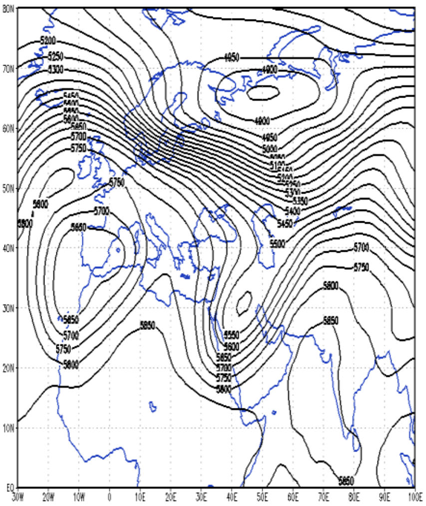
شکل۵) الگوی ایزوباری خوشه ۱ در ساعت ۱۲ زولو



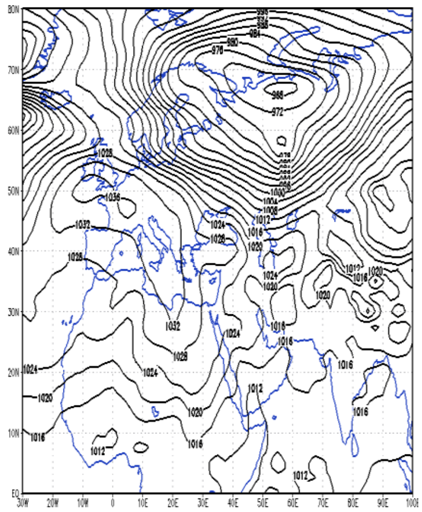
شکل۶) الگوی پربندی تراز ۵۰۰ خوشه ۲ در ساعت ۱۲ زولو



شکل۷) الگوی ایزوباری خوشه ۲ در ساعت ۱۲ زولو



شکل۸) الگوی پربندی تراز ۵۰۰ خوشه ۳ در ساعت ۱۲ زولو



شکل۹) الگوی ایزوباری خوشه ۳ در ساعت ۱۲ زولو

خوشه ۱: کم فشار قطبی/کم فشار سیاه- فرود شرق مدیترانه- این الگو شامل ۳۳ رخداد است و ٤۳ درصد بارش های سنگین استان کرمان در هنگام وقوع این الگو رخ داده اند. ۹۳ درصد ایستگاه ها در این روز بارش دریافت کرده‌اند و بیشترین مقدار آن ۷۱ میلی‌متر در ایستگاه جیرفت و ٦٤ میلی‌متر در ایستگاه کهنوج و میانگین بارش استان کرمان در این روز ۲۸ میلی‌متر بوده است. پی‌گیری سامانه‌های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز نماینده خوشه ۱ نشان دهنده‌ی کشیده شدن فرود شرق مدیترانه است. (شکل٤) که به وسیله‌ی سردچالی روی دریای سیاه و کشیده شدن تاوه قطبی تقویت شده است. همچنین قرار گرفتن سردچال و کم فشاری در شرق اقیانوس اطلس فرازی را روی مدیترانه و جنوب اروپا به وجود آورده که با ریزش هوای سرد در قسمت رو به باد فرود شرق مدیترانه شده است. گسترش عرضی این فرود و قرار گرفتن ناحیه‌ی تاوای مثبت روی ایران، باعث ایجاد حرکات صعودی شده است. همچنین در تراز دریا سامانه‌ی سودانی به دلیل گسترش فرود شرق مدیترانه تقویت شده و از حالت حرارتی به دینامیکی تغییر حالت داده و تا روی ایران کشیده شده است. این شرایط قبلاً توسط

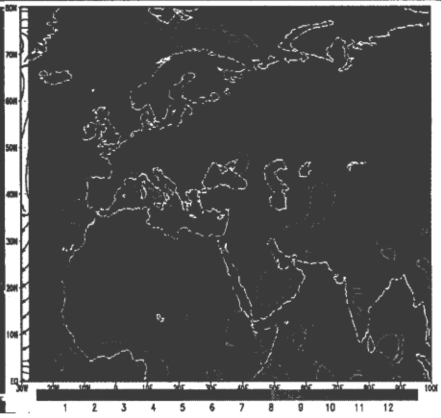
پژوهشگرانی مانند لشکری ۱۳۸۱، مفیدی ۱۳۸۲ مطالعه شده و این فرود را عامل تقویت سامانه‌ی سودانی دانسته‌اند. همان‌طور که در شکل ۵ دیده می‌شود، گسترش زبانه‌ی پرفشار اروپایی در غرب ایران همراه با گسترش سامانه‌ی سودانی منجر به شکل‌گیری جبهه و ریزش بارش سنگین شده است.

خوشه۲: کم فشار قزاقستان- فرود شرق مدیترانه- این الگو شامل ٢٦ رخداد است و ٣٤ درصد بارش های سنگین استان کرمان در هنگام وقوع این الگو رخ داده اند. در این روز صد درصد ایستگاه های استان کرمان بارش دریافت کرده‌اند. میانگین بارش استان کرمان این روز ١٦ میلی‌متر است که بیشینه‌ی آن در ایستگاه ماکنگان به مقدار ۸۵ میلی‌متر بوده است. همان‌گونه که در شکل شماره ٦ دیده می‌شود، سامانه تراز ۵۰۰ هکتو پاسکال این خوشه دهنده‌ی حاکمیت فرود شرق مدیترانه است که توسط سامانه کم فشاری روی قزاقستان تقویت شده است. این کم فشار در دو روز قبل از بارش توسط کشیده شدن کم فشار قطبی ایجاد شده که در روز بارشی تبدیل به یک سردچال روی قزاقستان شده و باعث افزایش تاوایی پتانسیل روی فرود شرق مدیترانه شده است. در این شرایط کم فشار شرق اقیانوس اطلس کاملاً به سمت غرب حرکت کرده و فراز عظیمی روی اروپا قرار گرفته که تا کشور روسیه امتداد پیدا نموده و باعث ریزش هوای سرد روی ناحیه‌ی روبه باد فرود شرق مدیترانه شده است. سامانه‌های تراز دریا حاصل کشیده زبانه‌ای از پرفشار روی دریای سیاه است که تا روی شبه جزیره‌ی عربستان و خلیج فارس کشیده است. در این شرایط کم فشار سودانی تضعیف شده و زبانه‌ی آن روی دریای سرخ واقع شده است. بدین ترتیب با گسترش زبانه‌ی پرفشار سیاه و ریزش هوای سرد عرض های بالا روی آب های گرم خلیج فارس شرایط جو کژفشار و شکل‌گیری جبهه فراهم شده است. در این شرایط با توجه به قرارگیری ایران در قسمت ناحیه پشت باد فرود شرق مدیترانه، تاوایی مثبت افزایش پیدا نموده و شرایط صعود و ناپایداری فراهم شده است.

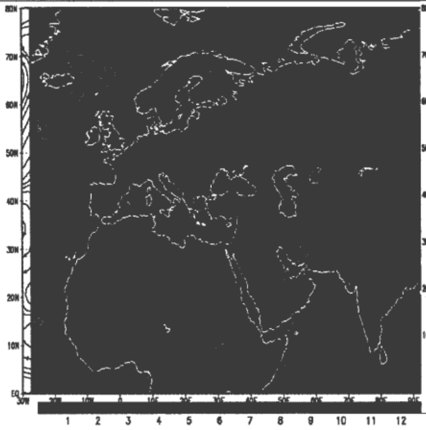
خوشه ۳: کم فشار قطبی- فرود شرق مدیترانه- این الگو شامل هفده رخداد است و بیست‌ودو درصد بارش‌های سنگین استان کرمان را به خود اختصاص داده است. ویژگی جالب توجه این خوشه این است که بیشینه‌ی بارش‌های سنگین رخ داده در سطح ایستگاه های استان کرمان، بارش‌های بیش از نود میلی‌متر در تاریخ روزهای این خوشه رخ داده‌اند. در واقع می‌توان گفت که با استقرار این الگو بارش‌های ابر سنگینی در سطح استان کرمان ایجاد شده است. در این روز صد درصد ایستگاه‌های استان کرمان بارش دریافت کرده‌اند. میانگین بارش این روز در سطح ایستگاه ها ٤١ میلی‌متر بوده است. در این میان ایستگاه جیرفت با دریافت ١٠٨ میلی‌متر، بیشینه‌ی بارش این روز را به خود اختصاص داده است. شکل ٨ سامانه‌ی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این روز نماینده خوشه‌ی ۵ را نشان داده است. در این شکل پیداست که فرود واقع در تروپوسفر میانی بیشینه‌ی گسترش خود را به سمت غرب داشته و کاملاً ایران را در برگرفته است. این عامل عمدتاً به وسیله‌ی گسترش تاوه قطبی تا مدار ٤٠ درجه‌ی شمالی حاصل شده، که با ادغام شدن با فرود شرق مدیترانه فرود عظیمی حاصل شده که تا مدار ٢٦ درجه‌ی شمالی کشیده شده و قسمت تاوایی مثبت آن سراسر ایران را در بر گرفته است. همچنین در این روز سرد چال بزرگی نیز شرق اقیانوس اطلس را در برگرفته که زبانه‌ی آن تا روی مدیترانه کشیده شده و موجب افزایش مقدار تاوای مثبت در این ناحیه شده است. در این شرایط سامانه‌ی سودانی به سمت شمال حرکت کرده و تبدیل به یک سامانه‌ی دینامیکی شده و یک مرکز هم‌گرایی را روی دریای سرخ ایجاد کرده است که زبانه‌ی این کم فشار از روی عربستان تا جنوب خلیج فارس کشیده شده و همراه با آن، یک ایزوبار بسته ١٠١٦ هکتو پاسکالی در مرکز ایران بسته شده است (شکل ٩). همچنین زبانه‌ی پرفشار اروپایی تا شمال آفریقا کشیده شده و باعث تقویت سامانه‌ی سودانی شده و گسترش زبانه‌ی آن در شمال غرب روی ایران همراه با کم فشار بسته شده، شرایط کژفشاری حاصل شده است. بنابر این با توجه

به شرایط صعود روی ایران در این روز بارش سنگینی در سطح ایستگاه های استان کرمان رخ داده است.

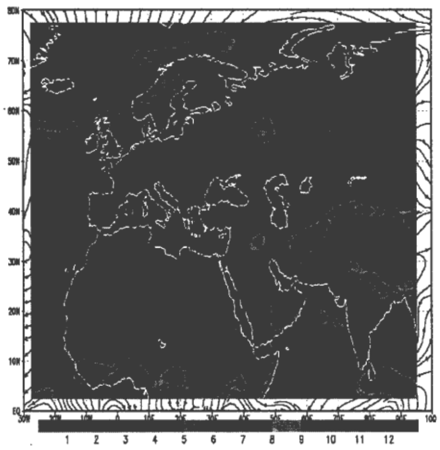
برای شناخت منابع رطوبتی این بارش‌ها، نقشه‌های شار رطوبتی روزهای مورد نظر ترسیم و مورد تحلیل واقع شدند. به دلیل شباهت این نقشه ها و حجم زیاد آنها، نقشه‌های خوشه اول و سوم در این پژوهش عنوان شدند(تصاویر ۱۱ تا ۱۳). شناخت منابع رطوبتی بارش‌های سنگین استان کرمان نیز از اهمیت زیادی برخوردار است. شناسایی الگوهای جوّی سامانه‌ی بارش‌های سنگین استان به خوبی الگوهای رطوبتی این بارش‌ها رانشان نمی‌دهند. به همین منظور الگوهای جریان شار رطوبتی این بارش‌ها در زمان وقوع آنها بررسی شد. تحلیل الگوهای جریان شار رطوبت خوشه ۱ تا ۵ در ترازهای ۱۰۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال نشان داد، بیشینه‌ی مقدار شار رطوبتی تأمین کننده بارش‌های سنگین استان کرمان در ترازهای ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال است که عمدتاً از سمت دریاهای عرب، عمان، اقیانوس هند و خلیج فارس تأمین می‌شود. رطوبت دریاهای سرخ و مدیترانه تأثیری در تأمین رطوبت این بارش‌ها ندارند و با افزایش ارتفاع در ترازهای ۸۵۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال قرارگیری الگوهای واچرخندی روی دریای عرب و شبه جزیره‌ی عربستان رطوبت این دریا و دریای سرخ را به سمت ایران می‌کشاند. ولی برخلاف مطالعات قبلی این الگو بیشینه‌ی رطوبتی بارش‌های سنگین با منشأ سودانی را تأمین نمی‌کند و بیشینه‌ی این رطوبت در ترازهای ۱۰۰۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال است. به طور کلّی با افزایش ارتفاع در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال میزان شار رطوبتی متأثر از الگوهای فشار فرود شرق مدیترانه و واچرخند روی دریای عرب است، که رطوبت آنها عمدتاً از سمت اقیانوس هند، دریای سرخ، دریای مدیترانه و حتی دریای سیاه می باشد و از لحاظ مقدار رطوبت ویژه بسیار کمتر از الگوهای جریان تراز های پایین است.



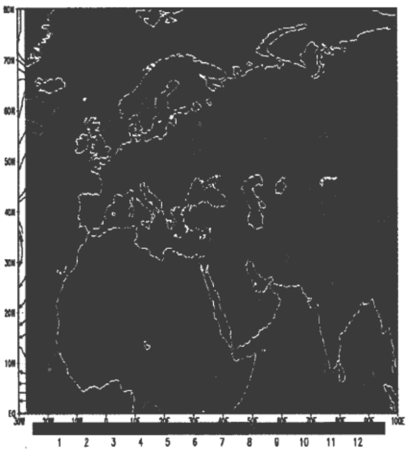
شکل۱۰) الگوی شار رطوبت تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال
خوشه ۱ ساعت ۱۲ زولو



شکل ۱۱)الگوی شار رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتو پاسکال
خوشه ۱ ساعت ۱۲ زولو



شکل ۱۲)الگوی شار رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتو پاسکال
خوشه ۳ ساعت ۱۲ زولو



شکل۱۳) الگوی شار رطوبت تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال
خوشه ۳ ساعت ۱۲ زولو

نتیجه گیری

در این پژوهش، با طرح شاخص آماری گامبل تیپ ۱ بارش‌های سنگین استان کرمان شناسایی شدند. در این روش برای هر ایستگاه به طور جداگانه بارش‌های سنگین تعریف شده و سپس مقادیر بالاتر از آن به عنوان بارش سنگین انتخاب گردیدند. تحلیل این بارش ها نشان

داد که با حرکت به سمت جنوب استان کرمان مقدار بارش‌های سنگین افـزایش پیـدا مـی‌کنـد. همچنین این بارش‌ها عمدتاً در فصل زمستان و بیشینه‌ی آنها در ماه بهمن می باشـد. مطالعـات هم‌دید با کمک خوشه های تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال انجام گردید، لذا در همه این الگوهـا فـرود شرق مدیترانه در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال وجود داشته و نقش اصلی را در ایجـاد تـاوایی مثبـت روی ایران ایجاد کرده است.سایر عوامل نظیر کـم فشـار قطبـی، کـم فشـار و سـردچال روی دریای سیاه، کم فشار قزاقستان، کم فشار روی اقیانوس اطلس و پشته روی غـرب مدیترانـه در تقویت ، عمیق شدن و توسعه‌ی رو به شرق این فرود نقش داشته‌اند. همچنین گسـترش طـولی و عمیق شدن این فرود تحت تأثیر حرکت روبه پایین سامانه‌ی کم فشار قطبی و کم فشـارهای مجاور نظیرسرد چال روی دریای سیاه و کم فشار قزاقستان می‌باشد. با عمیق شدن ایـن فـرود سامانه‌های کم پرفشار و کم فشاری در تراز دریا فرصت ورود به ایران را پیـدا کـرده و انـرژی لازم را برای صعود و ریزش بارش فراهم کرده اند. به طور کلی باید گفت ریـزش بـارش‌هـای سنگین استان کرمان (مناطق خشک و بیابانی ایران) در شرایطی که تاوه قطبی به بیشینه‌ی حرکت رو به پایین خود برسد ، الگوی شرق مدیترانه تقویت و از نظر طولی نیـز گسـترش یابـد،ورود سامانه‌ی کم فشار دینامیکی سودانی بارش‌های شدیدی رخ می دهند(شـبیه آنچـه کـه در الگـوی شماره ۳ وجـود دارد) . بنابراین از آن‌جا که شرایط ذکر شـده در مـاه‌هـای آذر، دی و بهمـن بـه شرایط اپتیمم خود می رسند، بارش های سنگین نیز در همین دوره سال اتفاق می‌افتد. لذا ایـن تقویم زمانی در واقع در مدیریت سیلاب و حفاظت از منابع طبیعـی گـام مـؤثّری را در اختیـار سازمان مدیریت بحران استان قرار می دهد.

منابع و مآخذ:

۱. آرنون، آی. برگردان: کوچکی، عوض و علیزاده، امین(۱۹۷۳)، ***اصول زراعت در مناطق خشک***، جلد اول. انتشارات آستان قدس رضوی: ٥٤.

۲. خوشحال دستجردی, جواد(١٣٧٦)، ***تحلیل و ارائه‌ی مدل سینوپتیکی-کلیماتولوژی برای بارش‌های بیش از صد میلی‌متر در سواحل جنوبی دریای خزر***, رساله‌ی دکتری جغرافیا, دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۳. علیجانی، بهلول(۱۳۸۵)، ***اقلیم‌شناسی ایران***، چاپ دوم، انتشارات پیام نور.

٤. علیزاده، امین(۱۳۸۲)، ***اصول هیدرولویکی کاربردی***، چاپ شانزدهم، انتشارات دانشگاه امام رضا(ع).

٥. لشکری، حسن(۱۳۷۵)، ***الگوی سینوپتیکی بارش‌های شدید جنوب و جنوب غرب ایران***، رساله‌ی دکتری جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

٦. لشکری، حسن، (۱۳۸۱)، ***مکانیزم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان ونقش آن بر روی بارش های جنوب و جنوب غرب ایران***، پژوهش های جغرافیایی شماره ٤٦، ١-١٨.

۷. مفیدی، عباس، (۱۳۸۱)، ***بررسی سینوپتیکی تأثیر کم فشار سودانی در وقوع بارش های سیل زا در ایران***، فصل نامه‌ی تحقیقات جغرافیای ، ش ۷۷.

۸. منتظری، مجید، (۱۳۸۸)، ***تحلیل زمانی-مکانی بارش‌های فرین روزانه در ایران***، مجله‌ی جغرافیا و برنامه ریزی محیطی،سال ۲۰ ، شماره پیاپی ٣٤ ، شماره۲، تابستان ۱۳۸۸.

۹. نجار سلیقه، محمد(۱۳۸۰)، ***الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه جنوب‌شرق ایران***، فصلنامه‌ی تحقیقات جغرافیایی، شماره ٦٢، پاییز ١١٤:١٣٨٠-١٢٥.

10. Lana, J. Campins, A. Genoves, and A. Jansa(2007)*Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Islands*. Adv. Geosci., 12, 27–32, 2007

11. Alijani B (2001) *Variation of 500hp a flow pattern over Iran and surrounding area and relationship white climate of Iran*.theor.appl.climatol.72,41-54

12. B. Alijani1, J. O'Brien2, B. Yarnal3(2006)Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. Theor. Appl. Climatol. (2008) 94: 107–12

13. BANACOS PETER C., DAVID M. SCHULTZ (2004) *The Use of Moisture Flux Convergence in Forecasting Convective Initiation*: Historical and Operational Perspectives. WEATHER AND FORECASTING VOLUME 20JUNE 2005

14. D. R. Pattanaika and M. Rajeevan (2010)Variability of extreme rainfall events over India during southwest monsoon season. Meteorol. Appl. 17: 88–104 (2010)
15. E. Xoplaki1, J. Luterbacher, R. Burkard, I. Patrikas, P. Maheras2(2000)*Connection between the large-scale 500 hPa geopotential height fields and precipitation over Greece during wintertime*. Clim Res 14: 129–146, 2000
16. Fernanda Cerqueira Vasconcellos and Iracema F. A. Cavalcanti(2010)Extreme precipitation over Southeastern Brazil in the austral summer and relations with the Southern Hemisphere annular mode. Atmos. Sci. Let. 11: 21–26 (2010)
17. -Fumiaki Fujibi,Nobou Yamazaki(2006)Long- term chang of heavy precipitation and dry weather in Japan (1901-2004).Journal of meteorological of japan.Vol.8.No 6.pp-1033-1046
18. HELLSTROM CECILIA(2005) *Atmospheric condition during extreme and non-extreme precipitation event in Sweden*. Int. J. Climatol. 25: 631–648 (2005)
19. JASON E. NACHAMKIN, SUE CHEN, AND JEROME SCHMIDT (2005)Evaluation of Heavy Precipitation Forecasts Using Composite-Based Methods: A Distributions-Oriented Approach.NACHAMKIN ET AL.. AUGUST 2005
20. JOANNA WIBIG (1998) Precipitation in Europe relation to circulation pattern at the 500hp level. Int. J. Climatol. 19: 253–269 (1999)
21. -O.B. Christensen J.H. Christensen(2004)Intensification of extreme European summer precipitation in a warmer climate. Global and Planetary Change 44 (2004) 107–117
22. P. Seibert, A. Frank, and H. Formayer(2007)*Synoptic and regional patterns of heavy precipitation in Austria. Theor*. Appl. Climatol. 87, 139–153 (2007)
23. R. ROMERO, G. SUMNERb, C. RAMIS and A. GENOVE´ S (1998)*A classification of the atmospheric circulation pattern producing significant daily rain fall in the Spanish Mediterranean area* INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY. *Int. J. Climatol*. 19: 765–785 (1999)
24. Song-You HONG(2004) *Comparison of Heavy Rainfall Mechanisms in Korea and the Central US*. Journal of the Meteorological Society of Japan, Vol. 82, No. 5, pp. 1469--1479, 2004